

ANALISIS PENGEMBANGAN DESAIN PRODUK MINI CONCRETE PUMP DENGAN METODE SUSTAINABILITY

Muchammad Ragil Prawira¹, Tri Andi Setiawan², Fais Hamzah³

Teknik Desain & Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*, 2, 3}
Email: muhammadragilprawira@gmail.com¹

Abstract – consumers and markets need a new product in order to remain competitive in the industry 4.0 era. One way is to make products that are more environmentally friendly as well as to reduce the impact on the environment in the manufacture of these products. Sustainability is one of the appropriate methods to reduce the negative impact of working on a product on the environment, starting from the selection of materials, the selection of the fabrication process, and the percentage of machine parts that will become waste. The selection of the product that will be used as the initial product or as the object of a redesign is a mini concrete pump with one weakness in the fabrication process which results in too many negative impacts on the environment, one of which is in the selection of materials and the work process carried out. Initial product that has been redesigned creates 2 new designs. From the three designs, a sustainability analysis was applied and it was found that the design that has less impact on the environment based on the Sustainability Analysis analysis includes a carbon footprint of 820 kg CO₂e, total energy consumption of 8900 MJ, water acidification of 5 Kg SO₂e, and water eutrophication of 0.680 Kg PO₄e was found on the mini concrete pump redesign concept 1.

Keywords : Analysis, Mini Concrete Pump, Sustainability

Nomenclature

$f(X)$ fungsi umum SVR
 w vektor pembobot
 b nilai error
 $R_{emp}(f)$ fungsi minimum risiko
 \mathcal{E} - insensitive loss
 $\emptyset_{\epsilon}(Y, f(X))$ fungsi ϵ - insensitive loss

1. PENDAHULUAN

Pengembangan produk yang ramah lingkungan dewasa ini sangat diperlukan demi terus mendukung keberhasilan Indonesia dalam mengurangi emisi karbon 3 tahun terakhir ini, dan salah satu cara untuk terus mempertahankan keberhasilan tersebut adalah dengan penerapan manufaktur produk hijau menggunakan pendekatan *Sustainability*. *Sustainability* adalah sebuah sistem biologis yang tetap mampu menghidupi keanekaragaman hayati dan produktivitas tanpa batas. Penerapan pendekatan ini adalah pada masalah lingkungan yang dapat menjadi alasan pada perencanaan produk, dimana para desainer produk diharuskan mempertimbangkan pengaruh produk terhadap lingkungan demi keberlanjutan produk. Keberlanjutan produk yang dimaksud adalah pengontrolan konsumsi sumber daya yang dapat habis seperti kayu, minyak bumi, ataupun gas

bumi. Fokus desainer dalam perencanaan produk adalah pengerjaan produk dengan teknologi yang sederhana dengan pengaruh negatif seminimal mungkin terhadap lingkungan sekitar. Produk yang ramah lingkungan sangat disarankan untuk diproduksi karena tidak membahayakan lingkungan sekitar. Kementerian perindustrian terus berupaya memacu pembangunan industri hijau untuk mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. “melalui upaya penerapan industri hijau juga kami mencatat telah menghemat energi sebesar Rp 3,2 triliun, dan penghematan air sebesar Rp 169 miliar. Pencapaian ini memperkuat komitmen industri untuk memastikan keberlanjutan bisnis perusahaan dalam jangka panjang,” kata Menteri Perindustrian (Menperin) Agus Gumiwang Kartasasmita saat memberikan sambutan pada acara Penganugerahan Penghargaan Industri Hijau di Jakarta, Selasa (30/11). Dengan begitu seharusnya produsen manufaktur di Indonesia menerapkan manufaktur hijau ini agar menghemat lebih banyak lagi energi yang dibutuhkan pada proses manufaktur suatu produk.

2. METODOLOGI.

2.1 Evaluasi Desain Awal dengan Pertimbangan Part yang Paling Berpengaruh

Tahapan ini berisi tentang evaluasi desain awal dengan pertimbangan part yang paling berpengaruh. Desain awal dari produk yang telah ditentukan untuk *re-design*, dievaluasi dengan melihat bagian mana saja yang dapat di *re-design* agar tidak mengurangi performa pada mesin tersebut. Evaluasi ini bertujuan untuk penentuan material dan proses fabrikasi yang cocok untuk pereduksian dampak negatif pada lingkungan.

2.2 Pembuatan Desain Baru Berdasarkan Evaluasi Part

Desain awal *mini concrete pump* tersebut menjadi patokan pada evaluasi ini untuk *re-design* produk tersebut dengan tujuan pereduksian dampak negatif pada lingkungan agar mendapatkan desain baru yang lebih *sustainable*.

Desain baru yang dihasilkan berasal dari desain awal produk yang telah mengalami pengurangan *part* ataupun pengurangan kerumitan desain dengan mempertimbangkan efisiensi tetapi tidak mengurangi fungsional dari produk tersebut agar performa dari produk tersebut tetap terjaga serta kualitas dari produk tersebut.

2.3 Sustainability Analysis pada Desain Awal dan Desain Baru Produk

Ide keberlanjutan berasal dari konsumsi sumber daya yang tidak terkendali seperti penggunaan kayu, batubara dan minyak bumi karena pertumbuhan penduduk dan revolusi industri. Segelintir orang menyadari akan hal itu, dan berusaha menyeimbangkan konsumsi dan produksi untuk menopang harapan pertumbuhan ekonomi yang tidak terbatas. Fokus pada masalah ini adalah proses produksi dengan teknologi yang sederhana dengan minimal dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Keberlanjutan manufaktur dapat diterapkan dengan penggantian sumber daya alam tidak terbarukan menjadi sumber daya terbarukan agar proses manufaktur dapat terus berlanjut.

Dalam kerangka produk desain, analisis keberlanjutan adalah analisis tentang desain produk dengan dampak minimal terhadap lingkungan, pertumbuhan tertinggi ekonomi dan manfaat positif bagi masyarakat. Industri harus berusaha merancang produk yang dapat digunakan kembali, didaur ulang, dan dibuang dengan aman. Selain itu, penggunaan bahan, energy, dan emisi harus diminimalisir secara intensif. Pergeseran paradigma dalam pendekatan desain produk, berawal dari

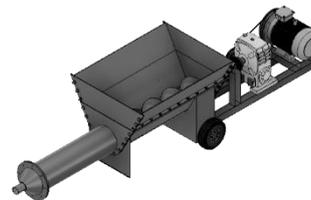
pendekatan desain produk yang menggabungkan pertimbangan lingkungan dengan nama *eco-design* (desain ramah lingkungan). Desain ini memasukkan isu lingkungan ke dalam salah satu tahap siklus hidup produk sementara ruang lingkup desain ramah lingkungan diperluas ke seluruh siklus hidup produk. Saat ini istilah desain berkelanjutan digunakan dan diterima diseluruh dunia dengan parameter lingkungan, ekonomi dan sosial ke dalam desain dan pengembangan produk (Baumann, Boons, dan Bangga 2002). Penelitian ini menerapkan *sustainability* pada salah satu dari 3 pilar *sustainable product* yaitu dampak pada lingkungan yang meliputi jejak karbon, energy total, pengasaman udara, dan eutrofikasi air.

2.4 Perbandingan Hasil Analisis

Tahapan ini dilakukan setelah ketiga desain telah di analisis, dan hasil dari analisis ketiga desain tersebut dibandingkan untuk mengetahui keunggulan dari salah satu desain tersebut. Desain baru produk diharapkan memiliki keunggulan terhadap desain awal produk agar tujuan dari *re-design* produk dapat tercapai dan desain baru produk dapat dikatakan lebih *sustainable* dari desain awal produk. Dengan beberapa pencapaian tersebut optimalisasi produk yang dilakukan tersebut dapat dianggap berhasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Evaluasi Desain Awal dengan DFMA



Gambar 2. Desain Awal Mini Concrete Pump

Gambar 2 merupakan desain awal *mini concrete pump* yang memiliki dimensi 3305 mm x 796 mm x 780 mm, dengan beberapa part yang dapat diubah desain, pemilihan material, dan proses fabrikasi yang dapat meminimalisir pencemaran pada lingkungan. Hal ini menjadi pertimbangan untuk dilakukannya *redesign* pada mesin tersebut.

Tabel 1: Nama Part Desain Awal Mini Concrete Pump

No	Nama Part	Dimensi (mm)
1	Conveyor Troughs	1000 x 578 x 345
2	Troughs End	36 x 578 x 345
3	Hopper	1036 x 795,6 x 204
4	Bearing UFC	65, 2 x 130 x 130
5	Kaki Roda	200 x 446, 67 x 450

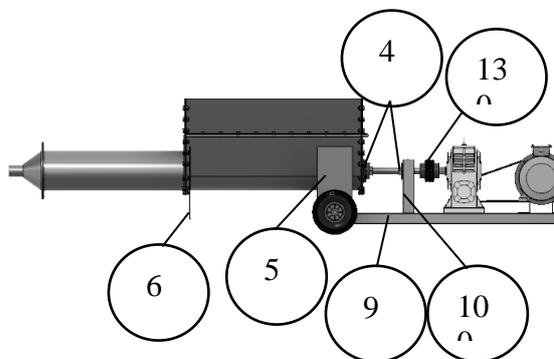
6	Penyangga Depan	12 x 446, 67 x 416
7	As Roda	646, 67 x 19 x 19
8	Roda	254, 78 x 80,6 x 254, 78
9	Dudukan Gearbox & Motor Listrik	1200 x 310 x 65
10	Bracket Bearing	65 x 180 x 305
11	Screw Conveyor 7 Blade	1800 x 210 x 210
12	Poros	480 x 45 x 45
13	Chain Coupling	105 x 90 x 90
14	Gearbox Speed Reducer	287x 387 x 395
15	Pulley V Double	43 x 128 x 128
16	Motor Listrik	464 x 300 x 340
17	Pulley B 25 cm	62, 5 x 276 x 276
18	V Belt	431 x 3, 5 x 270
19	Through Output	800 x 578 x 345
20	Hose Pump Connector	232, 5 x 330 x 330

Tabel 1 merupakan urutan perakitan komponen-komponen pada *initial design mini concrete pump*, dimulai dari perakitan conveyor trough hingga ke perakitan komponen terakhir yaitu *hose pump connector* dengan total komponen sebanyak 20 jenis komponen. Dari daftar nama *part* desain awal dapat dievaluasi bagian *part* mana saja yang dapat dirubah tanpa mempengaruhi performa pada mesin tersebut.

Tabel 2: Suggestion for Redesign

Name	Part Number	Quantity
Bearing UFC	4	1
Kaki Roda	5	1
Penyangga depan	6	1
Chain Coupling	13	1
Dudukan gearbox dan motor UNP panjang	9	3
UNP pendek	9	3
Bracket bearing Plat	10	1
UNP	10	3

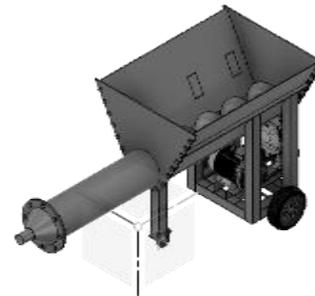
Tabel 2 merupakan saran *redesign* yang didapat dari evaluasi *part* mana saja yang paling berpengaruh dan tidak mempengaruhi performa mesin saat di *re-design*.



Gambar 3. Komponen yang akan di-redesign

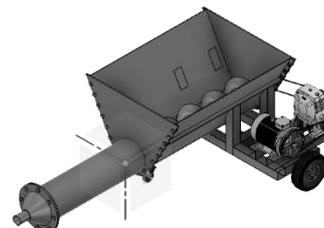
Gambar 3 merupakan komponen pada desain awal *mini concrete pump* yang akan di-*redesign* berdasarkan hasil evaluasi *part* mana saja yang paling berpengaruh dan tidak mempengaruhi performa mesin saat di *re-design*.

3.2 Pembuatan Konsep Redesign Mini Concrete Pump



Gambar 4. Konsep Redesign Mini Concrete Pump 1

Gambar 3.3 merupakan konsep *redesain mini concrete pump* diatas memiliki dimensi 2185 mm x 796 mm x 1082 mm, dengan beberapa *part* yang telah direduksi sehingga dapat mempermudah operasional mesin tersebut. Pereduksian *part* tersebut berasal dari pemindahan komponen penggerak mesin berupa motor dan gearbox yang diletakkan di bawah body mesin.



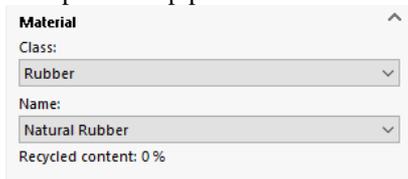
Gambar 5. Konsep Redesign Mini Concrete Pump 2

Gambar 3.4 merupakan konsep *redesain mini concrete pump* diatas memiliki dimensi 2185 mm x 1167 mm x 779 mm, dengan *part* yang telah direduksi sehingga dapat mempermudah operasional mesin tersebut. Pereduksian *part* tersebut berasal dari pemindahan komponen penggerak mesin berupa motor dan gearbox yang diletakkan disamping body mesin.

3.3 Sustainability Analysis

Tahap pertama dalam analisa *sustainability* adalah memasukkan data dari desain awal *Mini Concete Pump* pada software Solid Work. Langkah awal yang dilakukan

adalah import 3D model dari desain awal dan 2 konsep *redesign Mini Concrete Pump*. Setelah itu masuk ke fitur *Sustainability Analysis* dan dilanjutkan dengan pemilihan *material* yang digunakan pada setiap part.



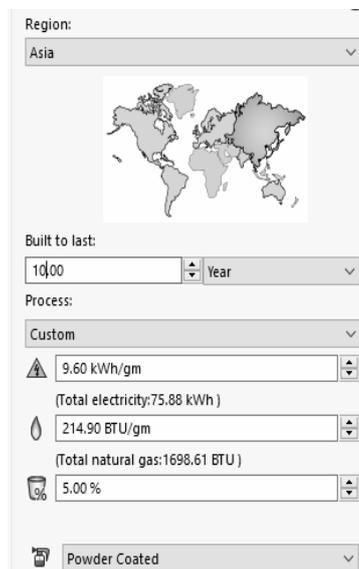
Gambar 6. Menu Material

Setelah itu dilanjutkan dengan tahapan Pemilihan daerah *manufacturing* produk beserta proses dan *energy* yang digunakan. Untuk perhitungan Kwh *Electricity* pengerjaan *Mini Concrete Pump*:

$$400 \text{ Watt (kisaran Watt mesin las)} \times 3 \text{ jam/hari} \\ = 1200 \text{ Watt} \times 8 \text{ hari (Total Pengerjaan)} \\ = 9600 \text{ Watt (9,6 Kwh)}$$

Jadi untuk *Electricity* pengerjaan membutuhkan sebesar 9,6 Kwh

Untuk perhitungan Gas Alam yang digunakan: Pada pengerjaan patokan jumlah gas yang digunakan tidak lebih dari gas LPG 50kg dengan konversi menjadi 214,496 Btu/lb (British Thermal Unit/pound).



Gambar 7. Menu Manufacturing

Selanjutnya adalah pemilihan daerah untuk penggunaan (*use*) produk tersebut.



Gambar 8. Menu Use

Perhitungan jarak transportasi, Jarak yang dimaksud adalah jarak pengiriman barang jadi dari daerah tempat *manufacturing* ke daerah tempat *using* pada produk tersebut. Dengan perincian jarak dari Blitar (*manufacturing*) ke Surabaya (*use*) dengan total 164 km.



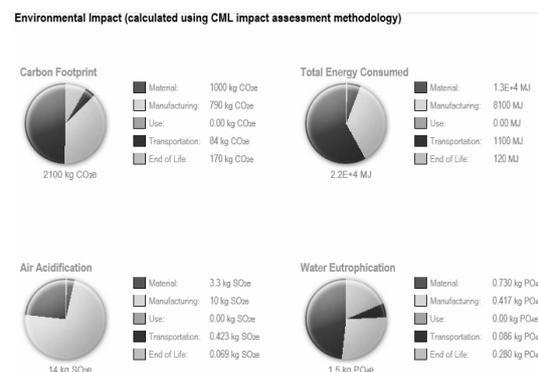
Gambar 9. Menu Transportation

Tahapan terakhir adalah pemasukan parameter *end of life* dengan perbandingan 50% untuk *recycle*, 2% untuk *part* mesin yang biasa dibakar, dan yang terakhir 48% untuk *part* yang akan menjadi sampah.

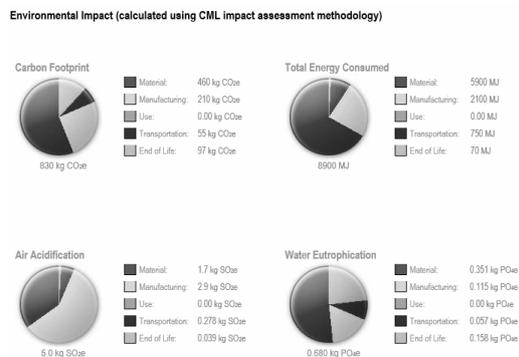


Gambar 10. Menu End of Life

Dengan penerapan parameter-parameter yang sama pada ketiga desain *Mini Concrete Pump* pada menu *Sustainability Analysis* software *Solidwork*, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

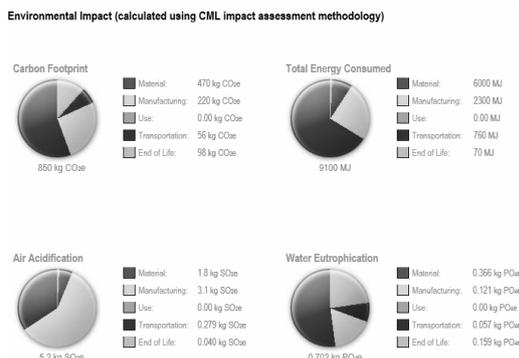


Gambar 11. Merupakan hasil analisis sustainability pada initial design.



Gambar 12. Hasil Analisis Sustainability (Redesign 1)

Gambar 12 merupakan hasil analisis sustainability pada konsep redesign 1.



Gambar 13. Hasil Analisis Sustainability (Redesign 2)

Gambar 13 merupakan hasil analisis sustainability pada konsep redesign 2.

Parameter penilaian keberlanjutan pada hasil simulasi sustainability sebagai berikut:

➤ Carbon Footprint

Merupakan hasil simulasi yang menunjukkan jejak karbon yang ditinggalkan oleh pengerjaan produk dimulai dari material, manufacturing, use, transportation hingga end of life (limbah komponen mesin tersebut). Pada bagian ini dijelaskan jejak karbon yang dihasilkan oleh initial desain sebanyak 2100 kg CO_{2e}, untuk produk redesign 1 sebesar 830 kg CO_{2e} dan produk redesign 2 sebesar 850 kg CO_{2e}.

➤ Total Energy Consumed

Merupakan perhitungan jumlah total energi yang digunakan pada pengerjaan produk.

Ukuran sumber energi tak terbarukan yang terkait dengan siklus hidup bagian dalam units megajoule (MJ). Dari hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa energi total yang dikonsumsi pada pembuatan initial design sebesar 2, 2E + 4 atau 22000 Megajoule (MJ). Untuk produk redesign 1 sebesar 8900 Mega Joule dan 2 memerlukan total energi sebesar 9100 Megajoule.

➤ Air Acidification

Merupakan ukuran Sulfur dioksida, nitrous oxides, emisi asam lainnya ke udara menyebabkan peningkatan keasaman air hujan, yang pada gilirannya mengasamkan danau dan tanah. Asam ini dapat membuat tanah dan air menjadi racun bagi tanaman dan kehidupan akuatik. Hujan asam juga bisa perlahan melarutkan buatan manusia bahan bangunan seperti beton. Dampak ini biasanya diukur dalam nit dari kg ekivalen sulfur dioksida (SO_{2e}), atau mol setara H⁺. Pada initial desain ditemukan kandungan pengasam udara sebanyak 14 kg SO_{2e}, sedangkan untuk produk redesign 1 dan redesign 2 masing-masing sebanyak 5, 0 kg dan 5, 2 kg SO_{2e}.

➤ Water Eutrophication

Merupakan ukuran kelebihan pada ekosistem air (eutrofikasi). Nitrogen dan fosfor dari air limbah dan pupuk pertanian menyebabkan melimpahnya ganggang mekar, yang kemudian menghabiskan air oksigen dan hasilnya dalam kematian kehidupan tumbuhan dan hewan. Dampak ini biasanya diukur dalam kg setara fosfat (PO_{4e}) atau kg nitrogen (N) setara. Pada initial desain ditemukan pengasaman air sebesar 1, 5 kg PO_{4e}, produk redesign 1 sebesar 0, 68 kg PO_{4e}, dan pada produk redesign 2 sebesar 0, 702 kg PO_{4e}.

Tabel 3: Tabel Perbandingan Hasil Sustainability Analisis

Environment Impact			
Carbon Footprint (Kg CO _{2e})	2100	830	850
Total Energy Consumed (MJ)	22000	8900	9100
Air Acidification (Kg SO _{2e})	14	5	5,2
Water Eutrophication (Kg PO _{4e})	1,5	0,680	0,702

Tabel 3 merupakan tabel perbandingan hasil analisis initial design dan konsep redesign mini concrete pump. Berdasarkan tabel 3 diatas, konsep redesign mini concrete pump memiliki Environment Impact yang lebih sedikit dibandingkan desain lainnya adalah Mini Concrete Pump redesign 1.

4. KESIMPULAN

Desain yang memiliki lebih sedikit pengaruh terhadap lingkungan berdasarkan analisa *Sustainability Analysis* meliputi *carbon footprint* sebesar 820 kg CO_{2e}, *total energy consumed* sebesar 8900 MJ, *air acidification* sebesar 5 Kg SO_{2e}, dan *water eutrophication* sebesar 0,680 Kg PO_{4e} ditemukan pada *mini concrete pump* konsep *redesign* 1. Pereduksian dampak negatif terhadap lingkungan ini didapat dari pereduksian beberapa *part* seperti *chain coupling*, *bracket bearing*, pemindahan *gearbox* dan motor ke bawah *body* mesin, dan perubahan desain pada beberapa penyangga produk seperti penyangga depan, kaki roda, dudukan *gearbox* dan motor yang berakibat pada perubahan material dan proses fabrikasi yang dilakukan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak Sodikin dan Ibu Umi Kalsum yang telah memberikan semangat dan memenuhi fasilitas yang dibutuhkan penulis selama mengerjakan jurnal ini.

6. PUSTAKA

- [1] Antony Kishore M, dan Arunkumar Subbaiah., *DFMA and Sustainability Analysis in Product Design. Journal of Physics: Conference Series*, 2020, pp. 1-9.
- [2] Design, E., & Series, T. (1995). *SolidWorks® Sustainability An Introduction to Sustainable Design*.
- [3] Panjaitan, Martin H. (2021). Rancang Bangun Mini Concrete Pump dengan Sistem Conveyor. **Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Teknik Desain & Manufaktur, Surabaya.
- [4] Subbaiah, Arunkumar, dan Kishore M. Antony., *Integration of DFMA and Sustainability. International Journal of Sustainable Engineering*, 2021, pp. 1-15.